



APLICAÇÃO DO EXTRATO ALCOÓLICO DE FEIJÃO PRETO COMO INDICADOR ÁCIDO BASE NA VOLUMETRIA DE NEUTRALIZAÇÃO

¹Thayssa da Conceição Fernandes, ²Luciana Resende Marcelo, ³Queli Aparecida Rodrigues de Almeida e ⁴Lívia Tenório Cerqueira Crespo Vilela

¹IFRJ campus Duque de Caxias (IFRJ-CDuC), e-mail: fernandesthayssa401@gmail.com;

²IFRJ-CDuC, e-mail: luciana.marcelo@ifrj.edu.br; ³IFRJ-CDuC, e-mail: queli.passos@ifrj.edu.br; ⁴IFRJ-CDuC, e-mail: livia.vilela@ifrj.edu.br

Gestão Ambiental e Políticas Ambientais

Inovação tecnológica para sustentabilidade

Resumo

Este trabalho teve como objetivo avaliar a utilização do extrato alcoólico de feijão preto como indicador ácido base em diferentes aplicações da volumetria de neutralização, em conformidade com os princípios da Química Verde. Trata-se de uma pesquisa experimental, de abordagem qualitativa e quantitativa, na qual o extrato foi empregado na padronização de soluções de ácido clorídrico e hidróxido de sódio, bem como na determinação do teor de hidróxido de magnésio em leite de magnésia por retrotitulação. O desempenho do indicador natural foi comparado aos indicadores sintéticos convencionais, sendo todos os ensaios realizados em triplicata e submetidos à análise estatística descritiva. Os resultados demonstraram que o extrato alcoólico de feijão preto apresentou desempenho satisfatório na identificação do ponto final das titulações, com resultados consistentes e reprodutíveis. Além da eficiência analítica, o indicador destacou-se pelo baixo custo, origem renovável e reduzido impacto ambiental. Conclui-se que o extrato alcoólico de feijão preto constitui uma alternativa viável e sustentável aos indicadores sintéticos tradicionais, contribuindo para a adoção de práticas laboratoriais mais seguras e sustentáveis.

Palavras-chave: Análise volumétrica; Indicador natural; Química Verde.

Introdução

A volumetria de neutralização é uma das técnicas mais utilizadas na Química Analítica para determinar a concentração de soluções ácidas e básicas. Nesse procedimento, os indicadores ácido-base são essenciais para detectar o ponto final da titulação por meio da mudança de coloração da solução (Vogel, 2011). Entre os indicadores sintéticos mais utilizados destacam-se a fenolftaleína e o alaranjado de metila. Apesar de sua eficiência analítica, esses indicadores apresentam limitações relacionadas à toxicidade e à geração de resíduos químicos,



podendo causar impactos à saúde humana e ao meio ambiente. A fenolftaleína é descrita como substância carcinogênica, suspeita de prejudicar a fertilidade ou o feto (Raffagnato, 2017) e o alaranjado de metila é uma substância descrita como perigosa e tóxica por ingestão, não devendo ser descartada no esgoto (Carl Roth, 2024)

Diversas substâncias de origem vegetal possuem a propriedade de alterar sua coloração em diferentes pHs. Vários autores têm descrito a utilização de extrato de uma variedade de alimentos do nosso dia a dia como indicadores naturais ácido-base (Almeida; Yamaguchi; Souza, 2020). Estes indicadores destacam-se por serem obtidos de fontes renováveis, apresentarem baixo custo e menor impacto ambiental.

Na busca por processos mais sustentáveis, é fundamental desenvolver novos procedimentos e processos químicos com o intuito de reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao ambiente. A Química Verde é definida como o desenho, o desenvolvimento e a implementação de produtos químicos e processos para reduzir ou eliminar o uso ou a geração de compostos nocivos à saúde humana e ao meio ambiente (Lenardão *et al.*, 2003). Ela está definida em 12 princípios, que precisam ser considerados quando se pretende implementá-la em uma instituição de ensino e/ou pesquisa na área de química. É essencial ponderar que não é fácil atender a esses critérios em sua totalidade, mas a simples substituição de um indicador ácido base tóxico como a fenolftaleína por um indicador natural atenderia a 5 preceitos da química verde, tornando o procedimento experimental mais sustentável e seguro.

É possível prever e avaliar a verdura química dos experimentos através de métricas holísticas, podendo ser utilizada para experimentos elaborados em uma aula prática ou então em uma determinada pesquisa. A Estrela Verde (EV) tem uma natureza gráfica, permitindo comparações visuais bem nítidas. Essa métrica é constituída por uma estrela com o número de pontas necessárias, de acordo com o número de princípios da Química Verde analisados em um determinado experimento e a análise de verdura é dada pelas informações da ficha de segurança (FDS) dos compostos químicos utilizados (Machado, 2014).

Nesse contexto, estudos realizados anteriormente demonstraram a eficiência do extrato de feijão preto na determinação da acidez do ácido acético em amostras de vinagre. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a aplicação deste extrato em todas as etapas da volumetria de neutralização, desde a padronização das soluções titulantes (HCl e NaOH) até as determinações analíticas, visando sua consolidação como uma alternativa sustentável aos indicadores sintéticos convencionais.



Metodologia

Trata-se de uma pesquisa experimental de abordagem qualitativa e quantitativa, desenvolvida com o objetivo de avaliar a aplicação do extrato alcoólico de feijão preto como indicador natural em volumetria de neutralização, em comparação aos indicadores sintéticos clássicos. O extrato foi obtido na proporção de 1 g de feijão para 1 mL de etanol 70%, permanecendo em recipiente âmbar por aproximadamente 12 horas, seguido de filtração. O etanol 70% foi empregado devido às suas propriedades bactericidas e fungicidas, contribuindo para a maior estabilidade e conservação do extrato.

Inicialmente, realizou-se a padronização das soluções de HCl 0,1 mol L⁻¹ e NaOH 0,1 mol L⁻¹. Para a padronização do NaOH, cerca de 0,15 g de biftalato de potássio foram titulados utilizando fenolftaleína ou extrato alcoólico de feijão preto como indicadores. A padronização do HCl foi realizada com bórax (0,20 g), empregando alaranjado de metila ou o extrato alcoólico de feijão preto. Após a padronização, determinou-se o teor de hidróxido de magnésio presente no leite de magnésia por retrotitulação. Para isso, pesou-se entre 0,3 e 0,5 g da amostra da marca Phillips (lote 32618), aos quais foram adicionados 25,00 mL de HCl 0,1 mol L⁻¹ previamente padronizado. O excesso de ácido foi titulado com solução padronizada de NaOH 0,1 mol L⁻¹, utilizando a fenolftaleína. O mesmo procedimento foi realizado para o extrato alcoólico de feijão. Todas as titulações foram conduzidas em triplicata.

O desempenho do indicador natural foi comparado aos indicadores sintéticos quanto à identificação do ponto final das titulações. Os resultados foram submetidos à análise estatística descritiva, com cálculo da média aritmética e do desvio padrão relativo (DPR), visando avaliar a precisão e a reprodutibilidade dos dados experimentais. A fim de verificar se houve diferença significativa entre as médias obtidas por ambos indicadores, aplicou-se o teste T com 95% de confiança.

Os experimentos foram avaliados quanto à sua sustentabilidade pela Métrica da Estrela Verde (EV), construída a partir dos 12 princípios da Química Verde. A construção da EV foi realizada pelo aplicativo Métricas de Química Verde.

Resultados e Discussão

O extrato alcoólico do feijão foi obtido com uma tonalidade arroxeada. Na padronização da solução de NaOH, utilizou-se 20 gotas de extrato alcoólico de feijão preto e a mudança da coloração do titulado foi de rosa para verde. Já na padronização do HCl, observou-se a mudança da coloração do titulado de verde para rosa.



A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos na padronização das soluções de NaOH e HCl ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$) e na análise do leite de magnésia, comparando o desempenho dos indicadores clássicos fenolftaleína e alaranjado de metila com o extrato alcoólico de feijão preto. Na padronização do NaOH com fenolftaleína como indicador ácido base obteve-se uma concentração de $0,1113 \text{ mol L}^{-1}$ e de $0,1139 \text{ mol L}^{-1}$ utilizando-se como indicador ácido base o extrato alcoólico de feijão preto. Já na padronização do HCl a concentração foi de $0,1140 \text{ mol L}^{-1}$ utilizando-se o alaranjado de metila e $0,1150 \text{ mol L}^{-1}$ utilizando-se o extrato alcoólico de feijão preto. Quando comparados os valores entre os indicadores, para ambas padronizações, o teste T (95 % de confiança) indicou que as médias das concentrações são estatisticamente iguais.

Tabela 1. Resultados das titulações de padronização do NaOH e do HCl e da dosagem de $\text{Mg}(\text{OH})_2$ no leite de magnésia

Titulações com fenolftaleína ou alaranjado de metila								
Padronização do NaOH			Padronização do HCl			Dosagem do Mg(OH) ₂		
m(g) biftalato	V(mL) NaOH	[NaOH] mol L ⁻¹	m(g) bórax	V(mL) NaOH	[HCl] mol L ⁻¹	m(g) leite magnésia	V(mL) NaOH	% m/m Mg(OH) ₂
0,1419	5,95	0,1168	0,1935	8,45	0,1201	0,4625	14,10	8,1
0,1421	6,55	0,1062	0,1886	9,70	0,1020	0,5277	12,80	7,9
0,1471	6,50	0,1108	0,1919	8,40	0,1198	0,4462	14,45	8,1
Média (mol L ⁻¹) DPR (%)		0,1113 4,8	Média (mol L ⁻¹) DPR (%)		0,1140 9,9	Média (mol L ⁻¹) DPR (%)		8,0 1,4
Titulações com extrato alcoólico de feijão preto								
Padronização do NaOH			Padronização do HCl			Dosagem do Mg(OH) ₂		
m(g) biftalato	V(mL) NaOH	[NaOH] mol L ⁻¹	m(g) bórax	V(mL) NaOH	[HCl] mol L ⁻¹	m(g) leite magnésia	V(mL) NaOH	% m/m Mg(OH) ₂
0,1445	6,85	0,1033	0,1968	8,50	0,1242	0,4706	14,10	7,9
0,1500	6,90	0,1064	0,1892	9,45	0,1050	0,5260	12,70	8,0
0,1427	5,30	0,1318	0,1934	8,55	0,1186	446,7	14,55	8,0
Média (mol L ⁻¹) DPR (%)		0,1138 13,7	Média (mol L ⁻¹) DPR (%)		0,1159 8,5	Média (mol L ⁻¹) DPR (%)		8,0 0,7

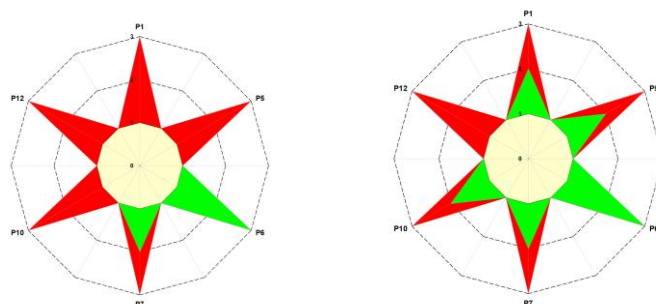
Fonte: Autoras, 2026.



Na análise de determinação do teor de hidróxido de magnésio no leite de magnésia obteve-se novamente resultados parecidos nas titulações utilizando fenolftaleína e extrato de feijão (Tabela 1). O teor de hidróxido de magnésio no leite de magnésia varia entre 7,0 a 8,0% (m/m). Neste trabalho, a concentração média de $Mg(OH)_2$ determinada por ambos indicadores foi de 8,0 % (m/m), evidenciando a exatidão do método analítico. Além disso, como nesta análise foram empregadas as soluções padronizadas de NaOH e HCl com as suas respectivas concentrações calculadas, a concordância do valor experimental com o valor esperado para a amostra reforça que a eficiência da padronização tanto com os indicadores sintéticos quanto com o indicador natural.

As Estrelas Verdes referentes à análise volumétrica com fenolftaleína e com o extrato do feijão preto foram construídas e são apresentadas na Figura 2. De acordo com os princípios da química verde observa-se um ganho significativo na verdura do procedimento experimental com a substituição dos indicadores clássicos (25% de verdura) pelo indicador natural de extrato alcoólico de feijão preto (50% de verdura).

Figura 2. Estrela Verde das titulações utilizando a (a)fenolftaleína e (b) extrato de feijão preto



Fonte: Autoras, 2026.

O P1 e o P5 que tratam respectivamente dos resíduos gerados e dos solventes utilizados há um ganho de sustentabilidade em relação ao procedimento clássico. O P6 que considera a eficiência energética se mantém completamente verde em nosso procedimento e o P7 que considera o uso de matérias primas renováveis e o P10 que considera a degradação, temos um ganho para o procedimento proposto. O P12 em nosso procedimento e no convencional não houve diferença ou ganho de sustentabilidade devido o uso do NaOH, uma ameaça inevitável para a titulação ocorrer. Este resultado demonstra que o indicador utilizado em nosso trabalho é promissor na substituição dos indicadores tóxicos e nocivos ao meio ambiente, tradicionalmente utilizados nos laboratórios de ensino e pesquisa (Yunes; Marques, 2023).



Conclusão

Os resultados obtidos demonstraram que o extrato alcoólico de feijão preto apresentou desempenho satisfatório como indicador ácido base em diferentes aplicações da volumetria de neutralização. O indicador mostrou-se eficiente tanto na padronização das soluções de HCl e NaOH quanto na determinação do teor de hidróxido de magnésio no leite de magnésia. Além da eficiência analítica observada, o extrato destacou-se por ser obtido a partir de uma fonte renovável, de baixo custo e sem impacto ambiental, contribuindo para a redução do uso de substâncias tóxicas em atividades laboratoriais. Dessa forma, os resultados reforçam a viabilidade do extrato de feijão preto como alternativa sustentável aos indicadores convencionais e evidenciam o potencial de ampliação de suas aplicações em análises químicas, incentivando o desenvolvimento de práticas mais alinhadas aos princípios da Química Verde.

Agradecimentos

Ao IFRJ (PROPPI e ao campus Duque de Caxias) e ao CNPq pela bolsa concedida.

Referências

ALMEIDA, C. dos S.; YAMAGUCHI, K. K. de L.; SOUZA, A. de O. O uso de indicadores ácido-base naturais no ensino de Química: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 9, n.9, p.1-20. 2020.

CARL ROTH. Ficha de Dados de Segurança: Laranja de metilo (C.I. 13025) ACS, para microscopia. Revisão: 17 set. 2024. Karlsruhe, Alemanha.

LENARDÃO, E. J. *et al.* "Green chemistry": os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. **Química Nova**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 123-129, 2003.

MACHADO, A.A.S.C. **Introdução às Métricas da Química Verde: uma visão sistêmica**. Florianópolis: Edufsc, 2014.

MÉTRICAS DE QUÍMICA VERDE. VerdeLab. 2024. Disponível em: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.metricas.quimica_verde. Acesso em 27 jun. 2026.

RAFFAGNATO, C. G. Ficha técnica fenolftaleína. Versão 8. Ministério da Saúde, 2017.

VOGEL, A.I. **Análise Química Quantitativa**. 6a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

YUNES, S. F.; MARQUES, C. A. (Org.). **A métrica holística estrela verde: Análise de atividades experimentais no ensino de química**. 1. ed. Ponta Grossa: Atena Editora, 2023.